

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-294314

(43)公開日 平成10年(1998)11月4日

(51)Int.Cl.⁶
H 0 1 L 21/3205
21/28
21/768

識別記号
3 0 1

F I
H 0 1 L 21/88
21/28
21/90

N
3 0 1 L
A
C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平9-100137

(22)出願日 平成9年(1997)4月17日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 田口 充

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

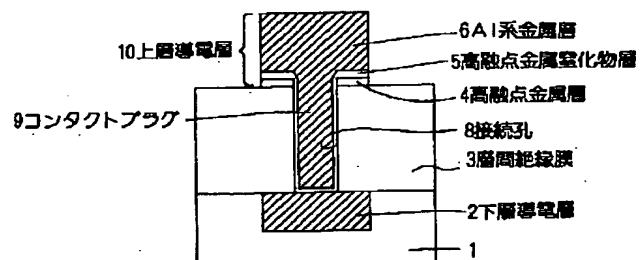
(54)【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 A 1 系金属を用いたコンタクトプラグおよび上層導電層を有する多層配線構造の高集積度半導体装置およびその製造方法において、コンタクトプラグの抵抗値上昇、ならびに上層導電層のエレクトロマイグレーション耐性の劣化を防止する。

【解決手段】 コンタクトプラグ9部分はT i N等の高融点金属窒化物層5とA 1 系金属層6の2層構造とし、上層導電層10部分はT i 等の高融点金属層4、高融点金属窒化物層5およびA 1 系金属層6の3層構造とする。

【効果】 コンタクトプラグ部分での高抵抗A 1 - T i 合金等の形成が防止されるとともに、上層導電層部分では結晶配向性に優れたA 1 系金属層が形成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 下層導電層上の層間絶縁膜に、前記下層導電層に臨む接続孔および前記接続孔内に充填されたコントакトプラグを有し、
前記層間絶縁膜上には、前記コントакトプラグに臨む上層導電層を有する半導体装置において、
前記コントакトプラグは、前記下層導電層側より、高融点金属窒化物層およびA1系金属層の積層構造を有し、
前記上層導電層は、前記層間絶縁膜側より、高融点金属層、高融点金属窒化物層およびA1系金属層の積層構造を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 下層導電層上の層間絶縁膜に、前記下層導電層に臨む接続孔および前記接続孔に臨む溝を有し、
前記接続孔内に充填されたコントакトプラグを有するとともに前記溝内に充填された上層導電層を有する半導体装置において、
前記コントакトプラグは、前記下層導電層側より、高融点金属窒化物層およびA1系金属層の積層構造を有し、
前記上層導電層は、前記層間絶縁膜側より、高融点金属層、高融点金属窒化物層およびA1系金属層の積層構造を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項3】 前記高融点金属窒化物層はTiN層を含むとともに、
前記高融点金属層はTi層を含むことを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置。

【請求項4】 下層導電層上の層間絶縁膜に、前記下層導電層に臨む接続孔および前記接続孔内に充填されたコントакトプラグを形成し、
前記層間絶縁膜上には、前記コントакトプラグに臨む上層導電層を形成する工程を有する半導体装置の製造方法において、
前記下層導電層上に層間絶縁膜および高融点金属層を順次形成する工程、前記下層導電層に臨む接続孔を、前記層間絶縁膜および高融点金属層に開口する工程、
前記接続孔の底部および内壁、ならびに前記高融点金属層上に高融点金属窒化物層を形成する工程、
前記高融点金属窒化物層上に、A1系金属層を形成するとともに、前記接続孔内をA1系金属層で充填する工程、
前記層間絶縁膜上の高融点金属層、高融点金属窒化物層およびA1系金属層をパターニングし、上層導電層を形成する工程、
以上の工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項5】 前記接続孔内をA1系金属層で充填する工程は、
A1系金属層を加熱して前記A1系金属層を軟化させるとともに、高圧雰囲気中で前記A1系金属層を前記接続孔内に流動させ充填する工程であることを特徴とする請求項4記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】 下層導電層上の層間絶縁膜に、前記下層導電層に臨む接続孔および前記接続孔に臨む溝を形成し、
前記接続孔内に充填されたコントакトプラグを形成するとともに、前記コントакトプラグに臨み前記溝内に充填された上層導電層を形成する工程を有する半導体装置の製造方法において、

前記下層導電層に層間絶縁膜を形成する工程、

前記下層導電層上の層間絶縁膜に溝を形成する工程、

10 前記溝が形成された層間絶縁膜上に高融点金属層を形成する工程、

前記下層導電層に臨む接続孔を、前記層間絶縁膜および高融点金属層に開口する工程、

前記接続孔の底部および内壁、ならびに前記高融点金属層上に高融点金属窒化物層を形成する工程、

前記高融点金属窒化物層上に、A1系金属層を形成するとともに、前記接続孔内および溝内をA1系金属層で充填する工程、

前記層間絶縁膜上の高融点金属層、高融点金属窒化物層

20 およびA1系金属層をパターニングし、上層導電層を形成する工程、

以上の工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項7】 前記接続孔内および溝内をA1系金属層で充填する工程は、

A1系金属層を加熱して前記A1系金属層を軟化させるとともに、高圧雰囲気中で前記A1系金属層を前記接続孔内および溝内に流動させ充填する工程であることを特徴とする請求項6記載の半導体装置の製造方法。

30 【請求項8】 前記高融点金属窒化物層はTiN層を含むとともに、

前記高融点金属層はTi層を含むことを特徴とする請求項4または6記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体装置およびその製造方法に関するものである。また、本発明は、多層配線構造の半導体装置における、低抵抗のA1系金属によるコントакトプラグ、およびマイグレーション耐性の高いA1系金属配線を実現するための技術である。

【0002】

【従来の技術】 超LSI等の半導体装置の高集積度とともに、内部配線の微細化および多層化が進展している。このような微細な多層配線間を接続するコントакトホールやピアホール等の接続孔内を、低抵抗の配線材料で埋め込む技術、すなわち信頼性の高いコントакトプラグの形成技術が重要となってきた。一方では、層間絶縁膜表面に配線形成用の溝を予め形成し、この溝内に配線材料を埋め込む、いわゆる溝配線あるいは埋め込み

配線技術が、多層配線構造の半導体装置の平坦化や微細化に有利とみられている。この溝配線においても、微細幅の溝中に配線材料を埋め込む技術や、接続孔と溝中に配線材料を同時に埋め込む技術は重要である。

【0003】微細接続孔や微細溝に配線材料を埋め込む方法としては、プランケットCVDや選択CVDによるW等の高融点金属を採用する方法、Al系金属やCu系金属の高温スパッタリング法、リフロー法、高圧リフロー法等が検討され、これらの一一部は実用に供されている。

【0004】これらの方法のうち、Al系金属等による高圧リフロー法は、比較的シンプルなプロセスにより、高い埋め込み特性が得られる方法として注目される。この高圧リフロー法の原理およびその問題点を図8を参照して説明する。

【0005】図8(a)に概略断面構造を示す試料は、下層層間絶縁膜1上にAl系金属配線等の下層導電層2と層間絶縁膜3を形成し、この下層導電層2に臨む接続孔8を層間絶縁膜3に形成し、さらにTi等の高融点金属層4およびTiN等の高融点金属窒化物層5をこの順に薄く形成し、Al系金属層6を基板温度400℃程度でスパッタリング等により成膜したものである。図においては高融点金属層4および高融点金属窒化物層5は簡単のために1層で表しているが、実際には高融点金属層4を下層とし高融点金属窒化物層5を上層とする2層構造である。

【0006】このとき、接続孔8の開口径が小さく、またAl系金属層6の膜厚が大きい場合には、Al系金属層6は接続孔8上でブリッジされ、接続孔8内には充填されずに空隙が発生する。

【0007】引き続き、この状態の試料を高真空雰囲気下で400～450℃に予備加熱してAl系金属層6を軟化させ、この後図8(b)に示すようにAr等の不活性ガスの高圧雰囲気処理によりAl系金属層6を流動させながら接続孔8内に押し込む。

【0008】最終的には、図8(c)に示すように接続孔8内はAl系金属層6により充填され、コンタクトプラグ9が形成される。このように、高圧リフロー法によればアスペクト比4～5程度までの接続孔を埋め込むことが可能であり、溝配線への利用を含めて、高集積度の多層配線構造の実現には有望な方法として期待が寄せられている。

【0009】しかしながら、Al系金属等の高圧リフロー法においても、以下のような問題点が生じる場合があることが判明した。高圧リフロー法によるコンタクトプラグの積層膜構造は、下層導電層側から、Ti/TiN/Al系金属の3層構造が一般的である。最下層のTiは下層導電層との低抵抗なオームックコンタクトをとる機能を、また中層のTiNはAl系金属との濡れ性を確保する機能等をそれぞれ有する。これらTi層およびTi

iN層は、接続孔開口後にスパッタリングにより成膜される場合が多いが、この成膜法のステップカバレッジの乏しさから、接続孔の側壁部分に形成されるTiN層の膜厚は平坦部分の膜厚に比較して薄い。また接続孔の側壁面に対し、浅い角度で斜め入射するスパッタリング粒子のみから堆積されることから、TiN層の膜質は低密度のものとして形成される。これらTiN層のステップカバレッジや膜質の問題は、通常のスパッタリング法以外にも、コリメートスパッタリング法や遠距離スパッタリング法あるいはプラズマCVD法等による成膜法であっても同様に発生するものであり、今後接続孔のアスペクト比が大きくなるに伴い、ますます顕著になると思われる。

【0010】このように接続孔側壁のTiN層の膜厚が薄く、しかも膜質に問題があると、高圧リフロー等の高温加熱時に、下層のTiがTiN層を拡散してAl系金属層にまで到達し、図8(d)に示すようにコンタクトプラグ9の一部にAl-Ti合金層9aが形成される場合がある。このとき、Alの比抵抗が3μΩcm程度であるのに対し、Al-Ti合金の比抵抗は20μΩcm程度と高く、コンタクトプラグの抵抗値が上昇し、多層配線構造を採用した半導体装置全体としての配線抵抗の増大やエレクトロマイグレーション耐性の劣化等の問題を発生する。

【0011】そこで、コンタクトプラグの積層膜構造として、下層導電層側から、TiN/Al系金属の2層構造を採用した場合には、このような抵抗値上昇の問題は発生しない。しかしこの2層構造の場合には、層間絶縁膜上の平坦配線部分でのAl系金属層の結晶配向が劣化し、十分なエレクトロマイグレーション耐性を確保できない問題が別に発生する。一般に純AlやAl合金等のAl系金属は、その結晶構造がAl(111)配向した場合にエレクトロマイグレーション耐性に優れることが知られている。またAl系金属の結晶配向性は、下地となる金属の結晶配向性に大きく依存する。例えば下層よりTi/TiN/Alの積層構造の場合には、Ti(002)→TiN(111)→Al(111)といった格子定数の比較的近い結晶配向の引き継ぎにより、Al系金属層は強く(111)配向し、良好なエレクトロマイグレーション耐性が得られる。しかしながら、下層よりTiN/Alの2層構造の場合には、最下層にTiを有しないため、TiN層は(111)配向が弱い。この結果、TiN層上に堆積するAl系金属層の(111)配向も弱くなり、エレクトロマイグレーション耐性の劣化につながる。

【0012】
【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような技術的背景のもとに提案するものであり、Al系金属を用いたコンタクトプラグ、およびこのコンタクトプラグから層間絶縁膜上に延在する、同じくAl系金属を用いた

上層導電層を有する多層配線構造の半導体装置およびその製造方法において、コンタクトプラグの抵抗値上昇を防止するとともに、上層導電層のエレクトロマイグレーション耐性を向上した高集積度の半導体装置、およびその製造方法を提供することをその課題とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体装置は上述した課題を解決するために提案するものであり、下層導電層上の層間絶縁膜に、この下層導電層に臨む接続孔およびこの接続孔内に充填されたコンタクトプラグを有し、層間絶縁膜上には、このコンタクトプラグに臨む上層導電層を有する半導体装置において、このコンタクトプラグは、下層導電層側より、高融点金属窒化物層およびA1系金属層の積層構造を有し、上層導電層は、層間絶縁膜側より、高融点金属層、高融点金属窒化物層およびA1系金属層の積層構造を有することを特徴とする。

【0014】また本発明の別の半導体装置は、下層導電層上の層間絶縁膜に、この下層導電層に臨む接続孔およびこの接続孔に臨む溝を有し、この接続孔内に充填されたコンタクトプラグを有するとともにこの溝内に充填された上層導電層、いわゆる溝配線を有する半導体装置において、このコンタクトプラグは、前記下層導電層側より、高融点金属窒化物層およびA1系金属層の積層構造を有し、上層導電層は、前記層間絶縁膜側より、高融点金属層、高融点金属窒化物層およびA1系金属層の積層構造を有することを特徴とする。

【0015】本発明の半導体装置は、高融点金属窒化物層はTiN層を含むとともに、高融点金属層はTi層を含む構造を有する場合に好ましく適用することができる。

【0016】つぎに本発明の半導体装置の製造方法は、下層導電層上の層間絶縁膜に、この下層導電層に臨む接続孔およびこの接続孔内に充填されたコンタクトプラグを形成し、層間絶縁膜上には、このコンタクトプラグに臨む上層導電層を形成する工程を有する半導体装置の製造方法において、下層導電層上に層間絶縁膜および高融点金属層を順次形成する工程、この下層導電層に臨む接続孔を、層間絶縁膜および高融点金属層に開口する工程、この接続孔の底部および内壁、ならびに高融点金属層上に高融点金属窒化物層を形成する工程、この高融点金属窒化物層上にA1系金属層を形成するとともに、接続孔内をA1系金属層で充填する工程、層間絶縁膜上の高融点金属層、高融点金属窒化物層およびA1系金属層をパターニングし、上層導電層を形成する工程、以上の工程を有することを特徴とする。

【0017】また本発明の別の半導体装置の製造方法は、下層導電層上の層間絶縁膜に、この下層導電層に臨む接続孔およびこの接続孔に臨む溝を形成し、この接続孔内に充填されたコンタクトプラグを形成するとともに、このコンタクトプラグに臨み前記溝内に充填された

上層導電層いわゆる溝配線を形成する工程を有する半導体装置の製造方法において、下層導電層上に層間絶縁膜を形成する工程、下層導電層上の層間絶縁膜に溝を形成する工程、この溝が形成された層間絶縁膜上に高融点金属層を形成する工程、下層配線に臨む接続孔を、層間絶縁膜および高融点金属層に開口する工程、この接続孔の底部および内壁、ならびに高融点金属層上に高融点金属窒化物層を形成する工程、この高融点金属窒化物層上に、A1系金属層を形成するとともに、接続孔内および溝内をA1系金属層で充填する工程、層間絶縁膜上の高融点金属層、高融点金属窒化物層およびA1系金属層をパターニングし、上層導電層を形成する工程、以上の工程を有することを特徴とする。

10 【0018】接続孔内をA1系金属層で充填する工程、あるいは接続孔内および溝内をA1系金属層で充填する工程は、A1系金属層を加熱してこのA1系金属層を軟化させるとともに、高圧雰囲気中でこのA1系金属層を前記接続孔内に流動させ充填する工程、いわゆる高圧リフロー法であることが望ましい。

20 【0019】本発明の半導体装置の製造方法は、高融点金属窒化物層はTiN層を含むとともに、高融点金属層はTi層を含む製造工程を有する場合に好ましく適用することができる。

【0020】つぎに作用の説明に移る。本発明の半導体装置は、高アスペクト比の接続孔部分にはTi層等の高融点金属層を有さない構造であるため、高抵抗のA1-Ti合金が形成される虞れはなく、したがって低抵抗のコンタクトプラグが形成される。一方層間絶縁膜上あるいは層間絶縁膜の溝内に形成される上層導電層は、その

30 下地層としてTi層等の高融点金属層を有するため、このTi層等の高融点金属層の結晶配向がTiN層等の高融点金属窒化物層の(111)配向およびA1系金属層の(111)配向を助長し、エレクトロマイグレーション耐性の高い上層導電層を形成することができる。

【0021】かかる層構造を有する半導体装置の製造方法として、層間絶縁膜上、あるいは溝が形成された層間絶縁膜上にTi層等の高融点金属層を形成してから接続孔を開口することにより、接続孔部分には高融点金属層を有さない構造を得ることができる。この後、TiN層等の高融点金属窒化物層を形成してから、A1系金属層を形成し、これを接続孔あるいは溝内に充填することにより、低抵抗のコンタクトプラグとエレクトロマイグレーション耐性の高い上層導電層を有する半導体装置を製造することができる。

40 【0022】
【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態例につき詳細な説明を加えるが、本発明はこれら実施の形態例に何ら限定されるものではない。
【0023】本発明を下層導電層上の層間絶縁膜に形成したコンタクトプラグ、およびこの層間絶縁膜上に形成

され、コンタクトプラグに臨む上層導電層を有する多層配線構造に適用した半導体装置の概略断面図を図1に示す。

【0024】図1において、符号2は下層層間絶縁膜1上に形成した下層配線等の下層導電層であり、この下層導電層2上の層間絶縁膜3には接続孔8を有する。図1の例では、下層導電層2は下層層間絶縁膜1に形成された溝内に埋め込まれた溝配線となっているが、下層層間絶縁膜1に形成された通常配線や、あるいは半導体基板に形成された不純物拡散層等であってもよい。この接続孔8内のコンタクトプラグ9は、下層導電層2側より高融点金属窒化物層5およびAl系金属層6の2層構成となっている。高融点金属窒化物層5の材料としては、TiNが代表的であるが、ZrN、HfN、VN、NbN、TaN、CrN、MoNあるいはWN等の各種高融点金属窒化物を単独、あるいは組み合わせて用いることができる。またAl系金属層の材料としては、純Alの他にAl-Si、Al-Si-Cu、Al-Cu、あるいはAl-Ge等のAl系合金を採用することができる。コンタクトプラグ9部分のかかる層構成により、Al-Ti合金等、高抵抗のAl-高融点金属合金の生成を防止し、低抵抗のコンタクトプラグを形成することができる。

【0025】一方、層間絶縁膜3上には、このコンタクトプラグ9に臨み、かつ層間絶縁膜3上を延在する上層導電層10としての上層配線を有する。この上層導電層10は、層間絶縁膜3側より高融点金属層4、高融点金属窒化物層5およびAl系金属層6の3層構成をとる。高融点金属層4の材料としてはTiが代表的であるが、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、MoあるいはW等の各種高融点金属を単独、あるいは組み合わせて用いることができる。高融点金属窒化物層5の材料としては、TiNが代表的であるが、ZrN、HfN、VN、NbN、TaN、CrN、MoNあるいはWN等の各種高融点金属窒化物を単独、あるいは組み合わせて用いることができる。またAl系金属層の材料としては、純Alの他にAl-Si、Al-Si-Cu、Al-Cu、あるいはAl-Ge等の各種Al系合金を採用することができる。上層導電層のかかる層構成により、Ti層等の高融点金属層の結晶配向がAl系金属層の(111)配向を助長し、エレクトロマイグレーション耐性の高い上層導電層を形成することができる。

【0026】つぎに、本発明を下層導電層上の層間絶縁膜に形成したコンタクトプラグ、およびこの層間絶縁膜上に形成され、コンタクトプラグに臨む溝配線からなる上層導電層を有する多層配線構造に適用した別の半導体装置の概略断面図を図2に示す。

【0027】図2において、符号2は下層層間絶縁膜1上に形成した下層配線等の下層導電層であり、この下層導電層2上の層間絶縁膜3は接続孔8を有する。図2の

例では、下層導電層2は下層層間絶縁膜1上に形成された通常配線となっているが、下層層間絶縁膜1が溝を有し、この溝内に埋め込まれた溝配線であってもよく、あるいは不図示の半導体基板に形成された不純物拡散層等であってもよい。また図2の半導体装置における層間絶縁膜3は、下層より順に酸化シリコン系の第1の層間絶縁膜3a、窒化シリコン系の第2の層間絶縁膜3bおよび酸化シリコン系の第3の層間絶縁膜3cの3層構造となっているが、他の材料や層構成であってもよい。図2

10 の例では、第3の層間絶縁膜3cは溝11を有し、この溝11内にはコンタクトプラグ9に臨んで上層導電層10としての溝配線が埋め込まれている。

【0028】この接続孔8内のコンタクトプラグ9は、下層導電層2側より高融点金属窒化物層5およびAl系金属層6の2層構成となっている。一方、上層導電層10としての溝配線は、層間絶縁膜3側より高融点金属層4、高融点金属窒化物層5およびAl系金属層6の3層構成をとる。高融点金属層4、高融点金属窒化物層5およびAl系金属層6の材料は図1を参照して説明した半導体装置と同様の材料を用いることができる。

【0029】コンタクトプラグ9部分のかかる層構成により、Al-Ti合金等、高抵抗のAl-高融点金属合金の生成を防止し、低抵抗のコンタクトプラグを形成することができる。また上層導電層のかかる層構成により、Ti層等の高融点金属層の結晶配向がAl系金属層の(111)配向を助長し、エレクトロマイグレーション耐性の高い上層導電層を形成することができる。

【0030】つぎに、上述した図1および図2に示す半導体装置の製造方法の一例を、図面を参照しながら説明する。

【0031】実施例1

本実施例は、図1にその概略断面図を示した半導体装置の製造方法の一例を、図3および図4を参照して説明する。シリコン等の半導体基板(不図示)にトランジスタ等の素子を形成後、下層層間絶縁膜1および下層導電層2を形成する。下層導電層2は下層層間絶縁膜1に溝を形成し、ここに多結晶シリコンやAl系金属を形成し、CMP (Chemical Mechanical Polishing) 等により平坦に埋め込んで形成した。

40 この後、図3(a)に示すようにSiO₂からなる層間絶縁膜3を、例えばプラズマCVDにより0.9μmの厚さに堆積する。

【0032】通常の半導体装置の製造プロセスにおいては、この後直ちに接続孔の開口工程に入るが、本実施例においては図3(b)に示すように高融点金属層4を層間絶縁膜3上に形成する。本実施例においては、一例として下記条件によるDCマグネットロンスピッタリングによりTi層を20nmの厚さに形成した。

高融点金属層成膜条件

9

A r	1 0 0	s c c m
D C パワー	6	k W
圧力	0. 4	P a
基板温度	2 0 0	℃

【0033】この後、フォトレジスト塗布およびリソグラフィ工程により、接続孔開口用のレジストマスク7を高融点金属層4上に形成し、このレジストマスク7をエッチングマスクとして、図3(c)に示すように高融点金属層4を一例として下記RIE(Reactive Ion Etching)条件によりエッチングする。

高融点金属層エッチング条件

C ₄ F ₈	1 0	s c c m
CO	1 0 0	s c c m
O ₂	2 0	s c c m
A r	2 0 0	s c c m
R F パワー	1 6 0 0	W
圧力	6	P a
基板温度	2 0	℃

【0034】続けて同じRIE装置によりエッチング条件を切り換え、CHF₃等のフッ素系ガスを主体とした下記エッチング条件により、層間絶縁膜3に接続孔8を開口する。この後、図3(d)に示すように、酸素系ガスを用いた通常のアッシング方法によりレジストマスク7を除去する。

接続孔開口エッチング条件

CHF ₃	7 5	s c c m
O ₂	8	s c c m
R F パワー	1 2 0 0	W
圧力	7	P a
基板温度	2 0	℃

【0035】この後、被処理基板の予備加熱およびA rスパッタエッチングにより、接続孔8底部に露出した下層導電層2表面の自然酸化膜(不図示)を除去する。

予備加熱および自然酸化膜除去条件

基板温度	4 5 0	℃
加熱時間	2	m i n
A r	3 0 0	s c c m
圧力	1 3 3	P a

【0036】続けて、図4(e)に示すように被処理基板を大気に曝すことなく、例えばDCマグネットロンスパッタリングにより高融点金属窒化物層5としてTiN層を50nm、Al系金属層6としてAl-Cu合金層を500nm成膜する。成膜条件の一例を下記に示す。

高融点金属窒化物層成膜条件

ターゲット	T i	
A r	2 0	s c c m
N ₂	7 0	s c c m
D C パワー	1 2	k W
圧力	0. 4	P a
基板温度	4 0 0	℃

Al系金属層成膜条件

ターゲット	A l - 2 % Cu	
A r	1 0 0	s c c m
D C パワー	1 5	k W
圧力	0. 4	P a
基板温度	4 0 0	℃

【0037】Al系金属層6成膜後の状態は、この図4(e)に示すように接続孔8上部でAl系金属層6がブリッジを形成し、接続孔8内部はボイドが発生している。

【0038】そこで高圧リフロー法により、接続孔8内にAl系金属層6を埋め込む。

高圧リフロー条件

雰囲気ガス	A r	
圧力	7 × 10 ⁷ P a	
基板温度	4 5 0	℃
リフロー時間	1	m i n

高圧リフロー後の被処理基板を図4(f)に示す。接続孔8内は、Al系金属層6により隙間なく埋め込まれ、良好な形状のコンタクトプラグ9が形成される。なお、先述した接続孔8底部に露出した下層導電層2表面の自然酸化膜除去のための予備加熱から高圧リフローまでの一連の工程は、被処理基板を大気に曝すことなく連続的に施すことが望ましい。

【0039】この後、通常のフォトレジスト工程およびRIE工程等により、Al系金属層6、高融点金属窒化物層5および高融点金属層4をパターニングして図4(g)に示すように上層導電層10を形成する。本実施例によれば、コンタクトプラグ部分は高融点金属窒化物層/Al系金属層との2層構造、上層導電層部分は高融点金属層/高融点金属窒化物層/Al系金属層の3層構造を採用したことにより、コンタクトプラグ部分でのAl-Ti合金の発生にともなう抵抗値の上昇は発生しない。また上層導電層部分ではAl系金属層の結晶配向の低下にともなうエレクトロマイグレーション耐性の劣化が回避され、信頼性の高い高集積度の半導体装置を提供することができる。

【0040】実施例2

本実施例は、本発明を溝配線の形成に適用した例として、図2にその概略断面図を示した接続孔と溝とをコンタクトプラグと上層導電層とで同時に埋め込む半導体装置の製造方法の一例を、図5ないし図7を参照して説明する。シリコン等の半導体基板(不図示)にトランジスタ等の素子を形成後、下層層間絶縁膜1および下層導電層2を形成する。下層導電層2は下層層間絶縁膜1上に多結晶シリコン層やAl系金属層を形成し、これをRIE等でパターニングしたものである。下層導電層2は実施例1と同様な溝配線であってもよい。この後、図5(a)に示すように層間絶縁膜3を成膜する。本実施例においては、一例としてこの層間絶縁膜3は下層側より

第1の層間絶縁膜3a、第2の層間絶縁膜3bおよび第3の層間絶縁膜3cの3層で構成した。第1の層間絶縁膜3aはSiO₂からなり厚さ0.9μm、第2の層間絶縁膜3bはSi_xN_yからなり厚さ50nm、そして第3の層間絶縁膜3cはSiO₂からなり厚さ0.5μmであり、それぞれプラズマCVDにより成膜した。第2の層間絶縁膜3bは、後工程の溝形成時のエッチング工程におけるエッティングストップ層としての機能を有する。

【0041】つぎに通常のフォトレジスト工程およびRIE工程により、下層導電層2上部の第3の層間絶縁膜3cに溝11をパターニングする。エッティング条件は、第2の層間絶縁膜3bの構成材料であるSi_xN_yとの選択比がとれる条件を用いる。この溝11は将来上層導電層を埋め込むためのものである。溝11をパターニング後、レジストマスクを除去した被処理基板の状態を図5(b)に示す。

【0042】通常の半導体装置の製造プロセスにおいては、この後直ちに接続孔の開口工程に入るが、本実施例においては図5(c)に示すように高融点金属層4を溝11内および第3の層間絶縁膜3c上に形成する。本実施例においては、一例として下記条件によるDCマグネットロンスパッタリングによりTi層を20nmの厚さに形成した。Ti層の成膜条件は前実施例1に準じてよい。

【0043】この後、フォトレジスト塗布およびリソグラフィ工程により、接続孔開口用のレジストマスク7を図6(d)に示すように高融点金属層4上に形成する。

【0044】この後、このレジストマスク7をエッティングマスクとして高融点金属層4をパターニングする。高融点金属層4のエッティング条件も前実施例1に準じてよい。つぎにエッティング条件を切り換えてSi_xN_yからなる第2の層間絶縁膜3bを連続的にパターニングする。

第2の層間絶縁膜3bのエッティング条件

CHF ₃	75	sccm
O ₂	35	sccm
RFパワー	600	W
圧力	5	Pa
基板温度	20	℃

【0045】続けて同じRIE装置によりさらにエッティング条件を切り換え、第1の層間絶縁膜3aをパターニングして接続孔8を開口する。第1の層間絶縁膜3aのエッティング条件は、前実施例1における層間絶縁膜3のエッティング条件に準拠する。この後、図6(e)に示すように、酸素系ガスを用いた通常のアッシング方法によりレジストマスク7を除去する。

【0046】この後、被処理基板の予備加熱およびArスパッタエッティングにより、接続孔8底部に露出した下層導電層2表面の自然酸化膜(不図示)を除去する。こ

の工程も、実施例1の工程に準じてよい。

【0047】続けて図6(f)に示すように、被処理基板を大気に曝すことなく、例えばDCマグネットロンスパッタリングにより高融点金属窒化物層5としてTiN層を50nm、Al系金属層6としてAl-Cu合金層を500nm成膜する。成膜条件はこれも前実施例1と同様でよい。Al系金属層6成膜後の状態は、図6(f)に示すように溝11上部でAl系金属層6がブリッジを形成し、溝11および接続孔8内部はボイドが発生している。

【0048】そこで実施例1に準じた高圧リフロー法により、溝11および接続孔8内にAl系金属層6を埋め込む。高圧リフロー後の被処理基板を図7(g)に示す。接続孔8内は、Al系金属層6により隙間なく埋め込まれ良好な形状のコンタクトプラグ9が形成されるとともに、溝11内にもAl系金属層6が埋め込まれる。なお、先述した接続孔8底部に露出した下層導電層2表面の自然酸化膜除去のための予備加熱から高圧リフローまでの一連の工程は、被処理基板を大気に曝すことなく連続的に施すことが望ましい。

【0049】この後、例えばコロイダルシリカを研磨剤とするスラリを用いた、常法のCMP(Chemical Mechanical polishing)により、第3の層間絶縁膜3c上のAl系金属層6、高融点金属窒化物層5および高融点金属層4を順次除去し、溝11内に上層導電層10を平坦に埋め込み、図7(h)に示すように溝配線を完成する。

【0050】本実施例によれば、接続孔と溝を同時に埋め込む、いわゆるDual Damascene processにおいて、コンタクトプラグ部分は高融点金属窒化物層/Al系金属層との2層構造、上層導電層部分は高融点金属層/高融点金属窒化物層/Al系金属層の3層構造を採用したことにより、コンタクトプラグ部分でのAl-Ti合金等Al-高融点金属合金の発生とともにならう抵抗値の上昇は発生しない。また上層導電層である溝配線部分ではAl系金属層の結晶配向の低下にともなうエレクトロマイグレーション耐性の劣化が回避され、信頼性の高い高集積度の半導体装置を提供することができる。

【0051】以上、本発明を詳細に説明したが、本発明はこれら実施例に何ら限定されるものではない。

【0052】例えば、実施例では下層導電層として多結晶シリコンやAl系金属等による下層配線を例示したが、半導体基板に形成した不純物拡散層等であってもよい。また層間絶縁膜の構造も実施例以外の各種材料やその組み合わせによる積層構造が可能である。CMPを用いる場合には、層間絶縁膜上に研磨ストップ層を形成しておけば、精度の高い平坦化に寄与する。さらに、高融点金属、および高融点金属窒化物についても、Ti_xおよびTiNの他に、各種高融点金属およびその窒化物の組

み合わせであってもよい。高融点金属窒化物中に、酸素原子を含む高融点金属酸窒化物を採用する場合にも本発明を適用することが可能である。

【0053】

【発明の効果】 以上の説明から明らかなように、本発明によればA1系金属を用いたコンタクトプラグ、およびこのコンタクトプラグから層間絶縁膜上に延在する、同じくA1系金属を用いた上層導電層を有する多層配線構造の半導体装置およびその製造方法において、コンタクトプラグの抵抗値上昇を防止するとともに、上層導電層のエレクトロマイグレーション耐性を向上した高集積度の半導体装置、およびその製造方法を提供することが可能となる。本発明は、上層導電層として溝配線を用いた Dual Damascene Process にも好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した半導体装置を示す概略断面図である。

【図2】本発明を適用した、他の半導体装置を示す概略断面図である。

【図3】本発明を適用した半導体装置の製造方法の工程 *

* を示す概略断面図である。

【図4】本発明を適用した半導体装置の製造方法の工程を示す概略断面図であり、図3に続く工程を示す。

【図5】本発明を適用した、他の半導体装置の製造方法の工程を示す概略断面図である。

【図6】本発明を適用した、他の半導体装置の製造方法の工程を示す概略断面図であり、図5に続く工程を示す。

【図7】本発明を適用した、他の半導体装置の製造方法の工程を示す概略断面図であり、図6に続く工程を示す。

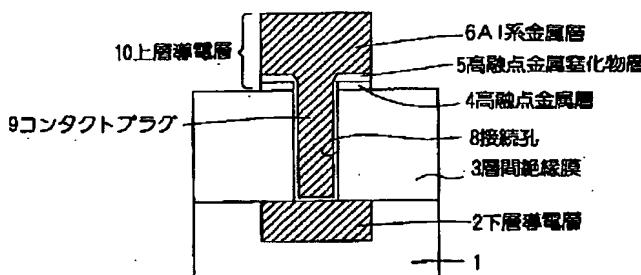
【図8】従来の半導体装置およびその製造方法における問題点を示す概略断面図である。

【符号の説明】

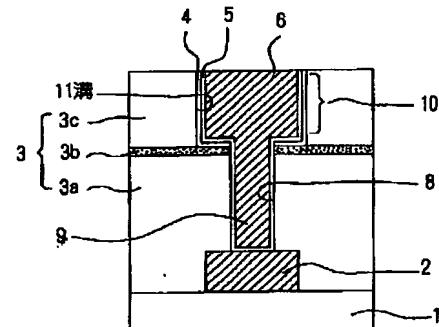
1…下層層間絶縁膜、2…下層導電層、3…層間絶縁膜、3a…第1の層間絶縁膜、3b…第2の層間絶縁膜、3c…第3の層間絶縁膜、4…高融点金属層、5…高融点金属窒化物層、6…A1系金属層、7…レジストマスク、8…接続孔、9…コンタクトプラグ、9a…A

20 1-Ti合金層、10…上層導電層、11…溝

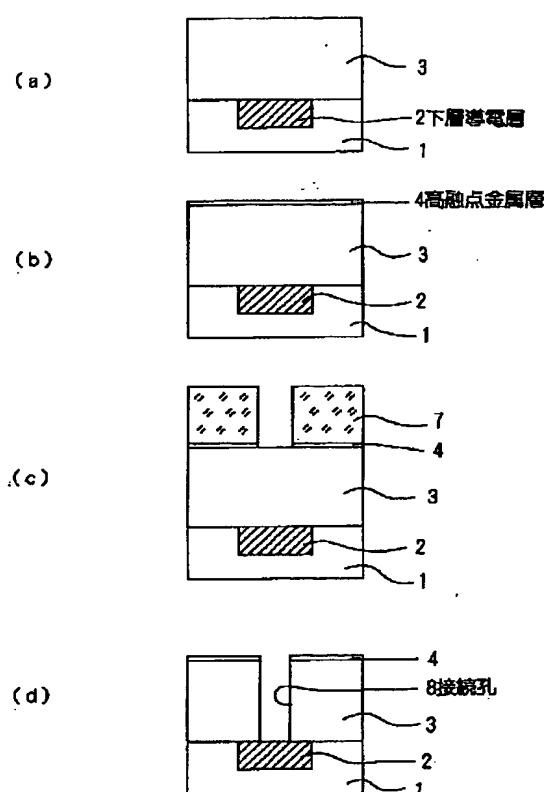
【図1】



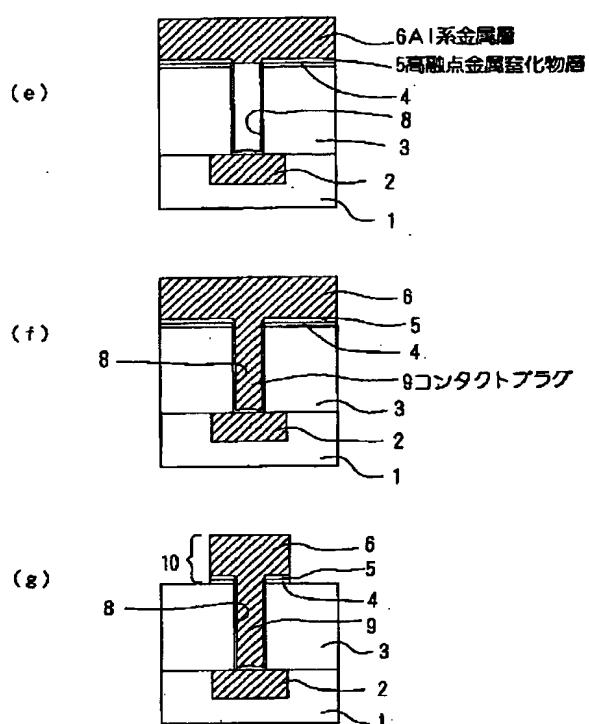
【図2】



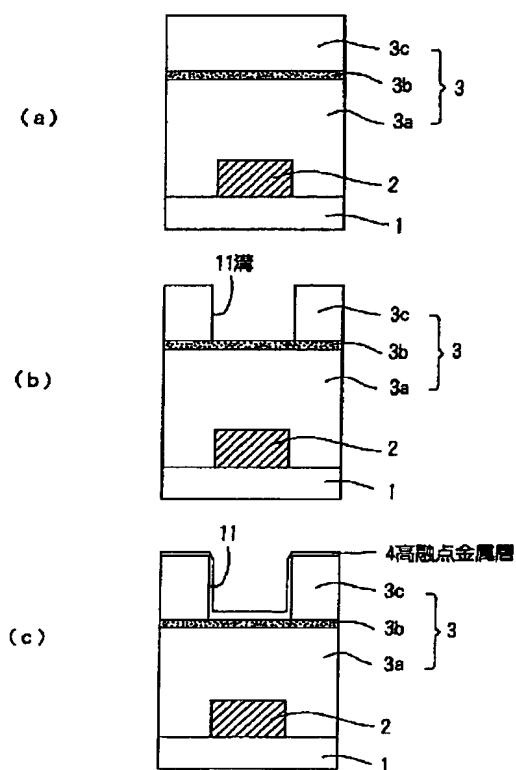
【図3】



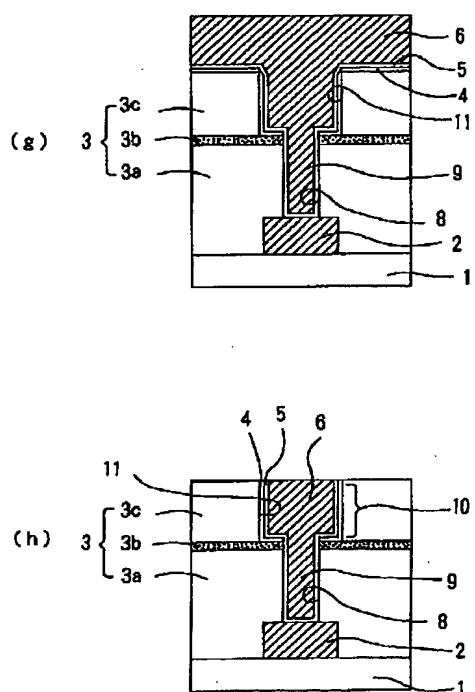
【図4】



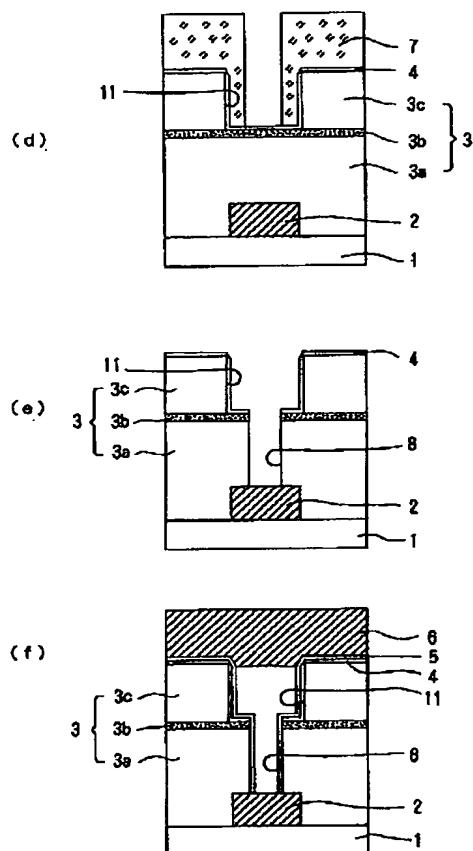
【図5】



【図7】



【図6】



【図8】

